

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS



IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-253435

(43) 公開日 平成7年(1995)10月3日

(51) Int. Cl. 6

G01N 37/00

識別記号

C

府内整理番号

G

F I

技術表示箇所

G01B 21/30

Z

G01R 1/06

F

H01J 37/28

Z

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全5頁)

(21) 出願番号 特願平6-44553

(71) 出願人 000005223

(22) 出願日 平成6年(1994)3月16日

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 尾崎一幸

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井桁貞一

(54) 【発明の名称】プローブ製造方法

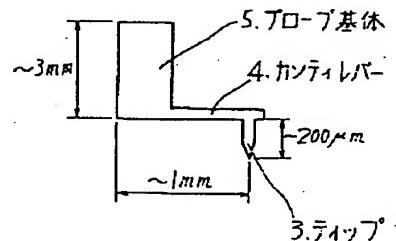
(57) 【要約】

【目的】本発明は走査型トンネル顕微鏡または原子間力顕微鏡またはこれらを応用した装置のプローブに関し、特に、パッケージされた半導体集積回路のチップ表面を検査出来る構造のプローブを製作する。

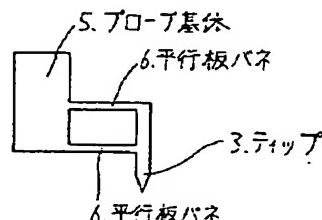
【構成】シリコン基板2より切り出されたシリコン構造体2から形成され、先端が尖った突起物からなるティップ3をカンティレバー4の先端に備えたプローブであって、ティップ3の軸方向が、シリコン基板2の面方位と直交するようにシリコン構造体1を製作し、その後、ティップ3の先端を尖らせる。

本発明の原理説明図

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項1】シリコン基板(2)より切り出されて形成されたシリコン構造体(1)から形成され、先端が尖った突起物からなるティップ(3)をカンティレバー(4)の先端に備えたプローブであって、該ティップ(3)の軸方向が、該シリコン基板(2)の面方位と直交するようにシリコン構造体(1)を製作し、その後、該ティップ(3)の先端を尖らせることを特徴とするプローブ製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、走査型トンネル顕微鏡または原子間力顕微鏡またはこれらを応用した装置のプローブに関し、特に、パッケージされた半導体集積回路のチップ表面等を測定するのに好適なプローブ及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図6は従来例の説明図である。図において、3はティップ、4はカンティレバー、5はプローブ基体、12はパッケージ、13はICチップ、14はIC表面の凸部、例えば配線である。

【0003】G. Binnig らによって発明された走査型トンネル顕微鏡 (STM : Scanning Tunneling Microscope 、例えば、米国特許4,343,993) や、原子間力顕微鏡 (AFM : Atomic Force Microscope 、例えば、米国特許4,724,318 、或いは、G. Binnig, C. F. Quate, C. Gerber: Phys. Rev. Lett. 56, P930, 1986) は、原子オーダーの超高空間分解能で試料表面の物理および物性的性質を測定することが可能であり、数多くの応用が試みられている。

【0004】重要な応用の一つとして、半導体集積回路の分野が挙げられる。AFMを用いれば、半導体集積回路表面の凹凸を高分解能測定できるため、プロセス評価や故障解析等に有用である。

【0005】また、最近、動作中の半導体集積回路の内部信号電圧の測定への応用を考えられている。半導体集積回路を開発・製造する上で素子を試験して動作不良がある場合に原因を調べる(故障解析)ことが不可欠であるが、近年のLSIの高集積化、I/Oピンの多数化により、LSIテストなどのI/Oピンの信号を測定する方法だけでは正確な設計検証や故障解析を行うことが困難になってきている。

【0006】このため、素子の中の微細配線の電圧を測定することが行われる。半導体集積回路チップ内部の微細配線の電圧測定に適した装置としては、電子ビームを用いた装置が知られているが、半導体集積回路の高集積化、高速化に伴い、測定スピードと時間分解能が不十分となりつつある。光ビームを用いた技術(例えば、J. A. Valdmanis; Electron. Lett. 23, 1308-1310, 1987)もあるが、波長制限で決まる空間分解能が不十分であるため、

LSIには適用できない。

【0007】本発明者は、AFM技術を応用し、導電性微細探針による配線探索と探針位置決めの機能を備えた光ビームによる高空間分解能の電圧測定装置を提案した。(特開平5-251524号公報: プローブ装置および集積回路検査装置) また、導電性微小探針と配線間に作用する静電力をAFMカンティレバーでサンプリングすることによって配線電圧を測定する方法(例えば、A. S. Hou et al; Ultrafast Electronics & Optoelectronics (Jan. 1993), WA4) も提案されている。これらの方法は、従来の電子ビームテスタより高感度、高速のLSI内部診断技術になるものと期待される。

【0008】以上のような走査型トンネル顕微鏡や、原子間力顕微鏡、及びこれらを応用した装置のプローブ製造方法には多数の方法がある。半導体プロセスを利用し、シリコンウエハからオールシリコン製のプローブを製造する方法によれば、多数のプローブを再現性良く製造することが可能である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】例えば、AFM用プローブ基体5は、図6(c)に示すように、一般に高さ数 μm で先端径0.1 μm 程度の微小針(ティップ)3を先端部に備える軟らかな、例えば、バネ定数が0.1~10N/ mm で長さ数百 μm のカンティレバー(片持針)4をプローブ基体5に取りつけた構造を有する。プローブ基体5の長さは数mmである。

【0010】プローブは、図6(a)に示すように、或る角度(例えば10°)で傾けて使用する。これにより、試料表面が平ら(例えば、回路を形成したシリコンウエハ)であれば、プローブ基体5の先端のティップ3のみが試料であるICチップ13に接触する。しかしながら、パッケージ12に固着されたICチップ13を測定する場合、ICチップ13がパッケージ12の表面よりも奥まった位置(例えば1mm下側)にあると、プローブ基体5、あるいは、プローブホルダの底面がパッケージ12の表面に接触するため、ICチップ13の表面にはプローブ基体5の先端のティップ3を接触させることができない、すなわち、観測できない領域がある。また、ICチップ13がパッケージ12の深いところにある場合には、全く観測できない。このように、ICチップ13のパッケージ12内の深さやチップ面積に応じてICチップ13の表面には観察できない領域が生じる。

【0011】プローブの傾きを大きくすればこの問題は軽減されると考えられるが、図6(b)に示すような別の問題が生じる。すなわち、プローブの傾きに応じて、ティップ3もICチップ13の表面に対して傾くため、画像あるいはラインプロファイルの測定時に、ICチップ13表面のパッドや配線14等の凸部の壁面とティップ3の壁面間で力が作用するために観察画像が歪んでしまう、つまり空間分解能が低下する問題があり、プローブの傾き

が大きいほど顕著となる。

【0012】本発明は、以上のような問題点のないプローブの製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理説明図である。図において、1はシリコン構造体、3はティップ、4はカンティレバー、5はプローブ基体、6は平行板バネである。

【0014】パッケージに固着されたICチップの観察等、大きな凹凸のある試料測定に好適なAFM用プローブ形状の例を図1(a)に示す。微小探針となるティップ3は試料表面にほぼ垂直に設置され、ティップ3と垂直方向のプローブの幅が短く、且つ、プローブ全体がプローブ基体5の上部(ティップと反対の端部)で保持されることが望ましい。カンティレバー4がティップ3とほぼ直角方向(試料水平面と平行)に形成される場合、カンティレバー4が試料と接触しないような長さのティップ3を備えることが望ましい。カンティレバー4に比べてティップ3の長さが無視できなくらい長いと、カンティレバー4にひねりが生じやすい。これが問題に成る場合には、図1(b)のようにカンティレバーに代えて2本の平行板バネ6にするのが望ましい。

【0015】従来、オールシリコン製のプローブを製造する場合、従来例の図6(c)に示したように、ティップ3の軸がシリコン基板2の面に垂直に形成されるように、エッチング等の加工がされてきた。この方法では、例えば100μmという長いティップ3を製造することは極めて困難である。また図1(b)のような平行板バネ6を製造することはほぼ不可能である。

【0016】

【作用】本発明では、図2(d)に示すように、ティップの基となる突起物の軸方向がシリコン基板の面方位と直交するように(ティップの軸方位がシリコン基板面と平行になるように)シリコン構造体を製作し、その後、突起物の先端部を尖らせる工程を備えており、ティップの軸方向断面がシリコン基板面上で形成される。

【0017】そのため、軸の長いティップを多数、精密に作ることができる。

【0018】

【実施例】図2～図5は本発明の第1～第3の実施例の説明図である。図において、1はシリコン構造体、2はシリコン基板、3はティップ、4はカンティレバー、5はプローブ基体、6は平行板バネ、7は板バネ、8はマスク、9はミリングイオン、10は不純物ドープ層、11は電極である。

【0019】本発明のプローブ製造方法の第1の実施例を図2～図3により説明する。図2(a)～(c)はシリコン基板2の一部の断面図、図2(d)は構造体斜視図、図3はプローブ5の断面図である。

【0020】図2(a)に示すように、シリコン構造体

を製作する第一ステップは、例えば、(110)方位のシリコン基板(ウエハ)2を用い、図2(b)に示すようにシリコン基板2上にプローブ構造体断面形状に対応するマスク8を形成後、KOH溶液や、エチレンジアミン：ピロカテコール：水の混合液でプローブの所望の厚さに相当する深さまで、異方性エッチングをすることにより、シリコン基板2面に垂直なシリコン構造体1を形成する。

【0021】その後、図2(c)に示すように、裏面からシリコン基板2を全面ラッピング、ポリッシング、エッチングを併用して研磨し、シリコン構造体1を図2(d)に斜視図で示すように、その後、探針の基となる突起物が剥き出しになるように切り離す。

【0022】図1(a)に示したように、本発明の方法では、このシリコン構造体1のティップ3の長さは少なくとも50μm以上にし、また、ティップ3を含むプローブ基体5の長さも少なくとも500μm以上にすることができる。

【0023】第二ステップの突起物先端を尖らせてティップ3を製作する工程は、図3に示すように、イオンミリングで行う。例えば、アルゴンイオンをミリングイオン9として用い、エッチング速度がティップ3の先端角度に依存する性質を利用して、図3に示すように、プローブ基体5のティップ3先端を尖らせることができる。更に、突起物の先端部を熱酸化、或いは、熱窒化した後に除去することにより、先端部が更に先鋭化したティップ3を製作することも可能である。

【0024】第一ステップでシリコン構造体1を形成する方法は上記に限らない。例えば、一般的な(100)面のシリコン基板2でも、マスク方位の工夫等により、主要な面、つまりティップ3の軸がシリコン基板2の面に平行なシリコン構造体1を形成することが可能である。更に、上記ウエットエッチング以外に、RIEによる異方性ドライエッチングを利用しても良い。

【0025】本発明によれば、図3のようなカンティレバー4を備えたプローブ以外に、図4に示すような、ブリッジをなす平行板バネ6でティップ3を支える構造のプローブも製作可能であり、また、図5に示すようなブリッジをなす1枚の板バネ7でティップ3を支える構造も製作可能である。これらの場合、ブリッジの中央部はティップ3の移動によって上下方向に移動する通常のAFMのような光テコによるティップ変位測定は測定感度が低くなる。

【0026】図4では、シリコン基板2は不純物ドープ無しのものを用い、ブリッジをなす平行板バネ6の一方のみに不純物を選択的にドープした不純物ドープ層10を形成し、プローブ基体5に電極11のパターンを形成して、不純物ドープ層10に接続することによって、シリコンのピエゾ抵抗効果及び形状変化を利用した歪ゲージを形成することができる。そして、この部分の抵抗値変化

を、例えばブリッジ回路で測定することにより、探針変位を測定することができる。

【0027】また、図3に示すカンティレバー4、図5に示す板バネ7においても同様に、不純物の導入等によって、形状変化及びピエゾ抵抗効果の和によって生じた半導体の変形による抵抗変化を利用して、深針変位を測定できる。

【0028】本発明により、実施例で説明したように、シリコン基板面に平行してシリコン構造体を切り出すことにより、ティップの長いプローブが形成出来、また色々な形のバネ要素をプローブに持たせることが出来るので、プローブの変位を高感度に検知することが出来る。

【0029】尚、以上の本発明によるプローブの製造方法で製作したプローブは、STM、或いは、STMを応用した装置にも、もちろん適用することができる。

【0030】

【発明の効果】パッケージに装填されたLSI等の凹凸の大きいICチップ等のサンプルを測定可能なティップの長いプローブが製作できるため、走査型トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡、およびこれらを応用した装置に本発明のプローブを用いることが実現でき、LSI等の

半導体装置の品質管理、信頼性の向上に大きく貢献・寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の原理説明図

【図2】 本発明の第1の実施例の説明図(その1)

【図3】 本発明の第1の実施例の説明図(その2)

【図4】 本発明の第2の実施例の説明図

【図5】 本発明の第3の実施例の説明図

【図6】 従来例の説明図

【符号の説明】

1 シリコン構造体

2 シリコン基板

3 ティップ

4 カンティレバー

5 プローブ基体

6 平行板バネ

7 板バネ

8 マスク

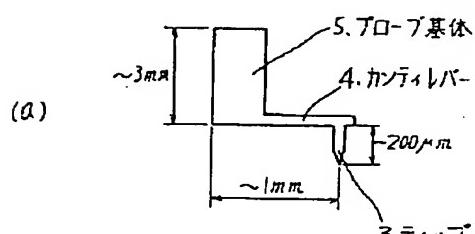
9 ミリングイオン

10 不純物ドープ層

11 電極

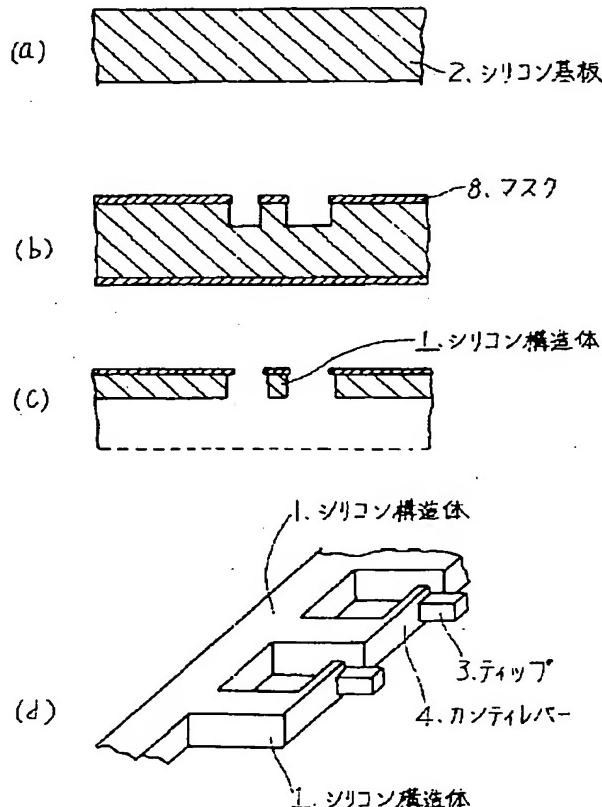
【図1】

本発明の原理説明図



【図2】

本発明の第1の実施例の説明図(その1)

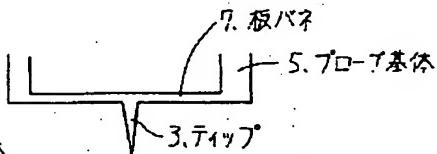
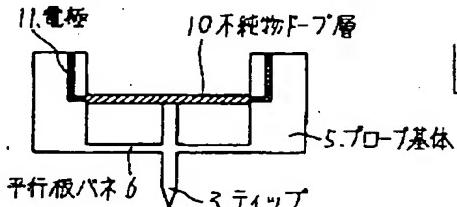
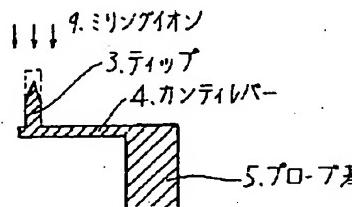


[図3]

[図4]

[図 5]

本発明の第1の実施例の説明図(その2) 本発明の第2の実施例の説明図 本発明の第3の実施例の説明図



[6]

従来例の説明

